جغرافیا و مخاطرات محیطی، شمارۀهشتم، زمستان۱۳۹۲

صص ۱۸-۱

شبیه سازی تغییرات رژیم دمای مراغه در اثر خشک شدن دریاچه ارومیه

فرامرز خوش اخلاق[۱]- استادیار اقلیم شناسی ، دانشگاه تهران، تهران، ایران

محمدامین حیدری- دانشجوی دکتری اقلیم شناسی دانشگاه تهران، تهران، ایران

محمدامین مرادی مقدم-دانشجوی کارشناسی ارشد اقلیم شناسی دانشگاه تهران، تهران،ایران

اصغرمولایی پارده- دانشجوی کارشناسی ارشد اقلیم شناسی دانشگاه تهران، تهران،ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۱/۱۲/۲۲ تاریخ تصویب: ۱۳۹۲/۷/۳

چکیده

وضعیت پوشش سطح زمین نقش بسیار مهمی در دمای هوا و در لایه خرد و محلی دارد. بطورکلی هرگونه تغییر در سطح زمین پیامدهای آب وهوای شدیدی در این مقیاس‌ها خواهد داشت. خشک شدن دریاچه‌های داخلی از مسائل نوظهور آب وهواشناسی می باشد که خشک شدن احتمالی دریاچه ارومیه در شمال‌غربی ایران یکی از این نمونه‌هاست. در این پژوهش از مدل شبیه ساز آلودگی هوا (TAPM)، جهت شناخت اثر خشک شدن دریاچه ارومیه بر تغییرات دمایی ایستگاه مراغه در سال-های ۲۰۰۳ و ۲۰۰۶ استفاده شده است. بر اساس نتایج به دست آمده در این پژوهش، متوسط دمای سالانه ایستگاه مراغه در اثر خشک شدن دریاچه ۰,۲۵ درجه سلسیوس افزایش، و در ماه‌های گرم سال به ویژه اوت و ژوئیه در ساعات میانی روز به طور متوسط افزایش حدود ٤ درجه سلسیوس و همچنین در ماه‌های سرد به ویژه دسامبر و ژانویه حدود ۳,۵- درجه سلسیوس در متوسط دمای شبانه، کاهش را نشان می دهد. بر این اساس با خشک شدن دریاچه ارومیه دماهای کمینه و بیشینه سالانه در منطقه مورد مطالعه تغییرات محسوسی را نشان می‌دهند.

کلیدواژه‌ها: دریاچه ارومیه، شبیه سازی عددی، رژیم دما، TAPM.

۱. مقدمه

پوشش سطحی یکی از مهم‌ترین عوامل اثرگذار بر دمای هواست؛ بطوری که می تواند منجر به تغییرات زیادی در عناصر آب وهوایی یک منطقه شود. تغییرات حاصله به نوبه خود می تواند منجر به پیامدهایی از جمله تغییر در

۱ نویسندۀ مسئول: ۰۹۱۲٤۸۵۱٤٥٦ Email: fkhosh@ut.ac.ir

شرایط اقلیمی در مقیاس خُرد و محلی گردد. امروزه مسئله خشک شدن دریاچـه ارومیـه یکـی از موضـوعات چـالش برانگیز در سطح ملی محسوب می‌گردد. فارغ از علل و عوامل ایجاد این معضل، بررسی آثـار و پیامـدهای ایـن پدیـده در کوتاه و بلندمدت می‌تواند راهگشای بسیاری از اختلافات موجود باشد. در این پژوهش با استفاده از مـدل منطقـه‌ای TAPM (مدل شبیه سازی آلودگی هوا) شرایط اقلیمی حاصله از خشک شدن دریاچه ارومیه بر رژیـم دمـای ایـستگاه مراغه مورد واکاوی قرار گرفته است.

از لحاظ نظری جذب انرژی تابشی در هر سطحی، بر انرژی جنبشی اجزای سـازنده آن سـطح مـی‌افزایـد کـه در نهایت باعث افزایش گرمای محسوس (دما) آن سطح می‌شود. جـذب انـرژی گرمـایی و تغییـرات آن در اجـسام بـه گرمای ویژه، گنجایش و نیز رسانش گرمایی آنها بستگی دارد (برگرفته از کاویانی و علیجانی،۸۹:۲۰۰۸). بطور کلـی دمـای هوا در لایه‌های زیرین وردسپهر (تروپوسفر) بیشتر توسط ماهیـت سـطوح زمینـی کنتـرل مـی گـردد و لـذا تغییـرات پوشش‌های سطحی می‌تواند اثرات زیادی بر روی رژیم دمای هوا داشته باشد. ترکیبات سـطح زمـین یکـی از عوامـل مهم در جذب مستقیم و غیرمستقیم خورتـاب اسـت. تنـوع در ترکیبـات سـطح زمـین (و هـوا) سـبب تفـاوت‌هـای چشمگیری در مقدار انرژی جذب شده ودر نهایت دمای زمین و هوا مـی‌گـردد (برگرفتـه از جعفرپـور،۳٦:۱۹۸۹). منبـع اصلی تولید انرژی گرمایی برای هوا، سطح زمین می باشد (علیزاده و همکـاران،۳۸:۲۰۱۱). چهارعامـل انرژیتیـک، انتقـال گرما و رژیم دما را کنترل می کنند، که این چهار عامل شامل رسانایی، گنجـایش گرمـایی، ضـریب انتـشار، و جـذبایی گرمایی می باشد. انرژی گرمایی در طول روز به سمت ژرفای خاک رسانش مـی‌یابـد و در شـب رونـدی وارون دارد (برگرفته از کاویانی،٦۰:۲۰۰۲). آب به عنوان اصلی‌ترین ماده موثر در اقلیم دارای ویژگی‌های ذاتی است که سـبب کنتـرل شرایط گرمایی و درنهایت اقلیمی می‌گردد. این ویژگی‌ها عبارتند از: الـف) آب نـسبتاً شـفاف بـوده و نـور را از خـود عبور می دهد، ولی زمین به‌عنوان جسم کدر تمام انرژی جذب شـده را در عمـق کمـی متمرکـز مـی‌کنـد و دمـای آن شدیداً افزایش می یابد؛ ب) آب در طبیعت بیشترین گرمای ویژه و گنجایش گرمایی را دارد، بنابراین خیلـی دیـر گـرم و سرد می شود؛ ج) آب به عنوان یک شاره امکـان تحـرک دارد، بنـابراین جابجـایی انـرژی در آن سـهولت بیـشتری داشته که این موجب حفظ تعادل گرمایی در آن می شود؛ د) در فرایند تبخیر مقـدار زیـادی انـرژی بـدون افـزایش در دمای ظاهری آب مصرف می شود. این حالت به ویژه در دوره گرم سـال سـبب کنـدی افـزایش دمـای آب و نیـز در هوای مجاور آن می گردد (خوش اخلاق،٤۷:۲۰۰۷). بطور کلی انرژی تابیده شده بر آبها در حجم و جرمی بـه مراتـب بزرگ‌تر از خشکی‌ها توزیع می شود و این حالت سبب می شود که آبها بطور متعادل‌تری نسبت به خـشکی، گـرم یـا سرد شوند. چون گرمای ویژه آب ۳ تا ٤ برابر خاک معمولی است، لذا انرژی جذب شده آن در واحد حجـم برابـر بـا خاک حدود ۳ تا ٤ برابر کمتر است، از این‌رو نوسان دما در سطح آب و نیز هوای مجاور آن باید حدوداً چنـین باشـد. در مواقع کاهش مقدار انرژی (شب هنگام و فصل سرد) مقدار گرمای ذخیره شده در آبهـا بیـشتر از زمـین اسـت و در صورت وجود اختلاف دما بین عمق و سطح آب، انرژی ذخیره شده در ژرفا به سـطح منتقـل شـده و سـبب پیـرایش

دمای سطح آب و سپس هوای مجاور آن می شود. بنابراین به دلیل گرمای ویژه زیاد آب، نوسان‌های گرمایی (و رژیم دما) پهنه های آبی در مقایسه با خشکی‌ها اندک است. اتلاف شدید انرژی تابشی از سطح زمین، به کاهش دمای هوای مجاور آن منجر می شود، بنابراین جذب یا اتلاف انرژی تابشی در سطح زمین بر روند روزانه و سالانه دما از نظر کمی و کیفی تاثیرگذار است (برگرفته از کاویانی و علیجانی، ۱۱۳:۲۰۰۸). این ویژگی در مورد اتلاف شدید شبانه روزی انرژی گرمایی و تغییرات زیاد در دمای هوای مناطق قاره ای دورافتاده به وضوح دیده می شود (همان:۱۱٦).

امروزه مداخلات بی برنامه انسان در طبیعت وضعیت بهنجار سامانه ها و زیست سامانه های محیطی را دچار اختلال کرده که تبعات آن بر زندگی خود انسان نیز اثرات ناهنجاری برجای گذاشته است. اگر فهرستی از نابهنجاری-های آب وهوایی ساخته انسان در دهه های اخیر تهیه شود در آن موارد زیادی ازجمله سیل‌های متعدد و بی سابقه، توفان‌های شدید، گرم شدن زمین، مصرف بی رویه منابع طبیعی، و جدیداً خشک شدن دریاچه های داخلی و... را می توان دید.روند معنی دار گرمایش جهانی و ارتباط آن با تغییرات دما و بارش در نقاط مختلف کره زمین به عنوان مهم‌ترین چهره های تغییراقلیم در دهه های اخیر بشمار می رود. در سال‌های اخیر به ویژه از سال ۱۹۸۰ به بعد متوسط دمای کره زمین به طور مرتب افزایش یافته است. با شروع انقلاب صنعتی و استفاده بی رویه از سوخت‌های فسیلی، جنگل زدایی و تخریب مراتع به خصوص تخریب جنگل‌های بارانی مناطق حاره، میزان CO_2 به صورت نمایی افزایش یافته به طوری که از کمتر از 300ppm در ۱۹۰۰ به 375ppm در سال ۲۰۰۰ رسیده است. پیش بینی می شود اگر وضعیت به همین روال ادامه یابد طی ۳۰ الی ٤٠ سال آینده غلظت گاز دی اکسید کربن در جو دو برابر خواهد شد که در نتیجه آن متوسط دمای جو بین ۲ تا ٤,٥ درجه سلسیوس افزایش خواهد یافت (برگرفته از علیزاده،۲۰۱۱). نکته قابل توجه این است که روند گرمایش جهانی همراه با افزایش CO_2 جو تشدید شده است (چانگ[1]،۹۳۸:۲۰۰۵). بنابراین شرایط آب وهوایی در مقیاس سیاره ای و منطقه‌ای با دخالت‌های بشری تغییرات محسوس را نشان می دهد. دگرگونی شرایط آب اقلیم شناسی از جمله تغییرات در رژیم آبدهی رودها، تغییر در تراز آب‌های زیرزمینی و ذخایر انباشتی سطحی مثل دریاچه های طبیعی و مصنوعی همگی نشان از اثرات ترکیبی عوامل محیطی و انسانی است که در دهه های اخیر نقش انسان در آن بمراتب پُررنگ‌تر بوده است. در ایران یکی از چهره های شرایط پیشگفته روند شدید کاهش آب دریاچه ارومیه است، تا آنجا که شواهد موجود حاکی از امکان خشک شدن کامل آن می باشد. در این پژوهش با استفاده از مدل شبیه ساز TAPM اثر خشک شدن دریاچه ارومیه بر رژیم دمای منطقه جنوب شرق دریاچه، ایستگاه مراغه، بررسی شده است. بر این اساس با توجه به نتایج پژوهش‌های پیشین و همچنین ارزیابی عملکرد موفق مدل TAPM (کاردان،۲۰۱۰ و هورلی[2]، ۲۰۰۰، ۲۰۰۱ و ۲۰۰۳) و علاوه بر این سهولت در اجرای مدل به جهت تحت ویندوز بودن آن و سرعت عمل نسبتا" مناسب مدل و قابلیت‌های

1 Chang
2 Hurly

دینامیکی و ماهیت منطقه‌ای مدل به منظور شبیه سازی میزان تغییرات احتمالی حاصل از خشک شـدن دریاچـه ارومیـه بر رژیم دمای منطقه جنوب شرق دریاچه از این مدل استفاده شده است.

مدل TAPM توسط دانشمندان سازمان پژوهش صنعتی و علمی مشترک المنافع (CSIRO) در اسـترالیا گـسترش یافت. این مدل به عنوان یک مدل سه بعدی غیر قابل تلخیص، غیـر ایـستایی، و مـدل معـادلات سـاده اسـت، کـه از سیستم مختصات داده‌های زمینی استفاده می‌کند (زواررضا و همکاران، ۲۰۰۸). TAPM یک مدل سریع است که بُـرد آن در حد منطقه‌ایی و میان‌مقیاس (Meso scale) است و برای مدل‌سازی آلودگی هوا و پیش‌بینی هواشناسـی مطـرح است و همچنین در پیش‌بینی آلودگی هوا برای ارزیابی اثرات این آلودگی‌ها بر محیط دارای اهمیت زیادی اسـت. ایـن مدل از معادلات اساسی جریان‌های جوی، ترمودینامیک، نگهداشت رطوبت و اغتشاش و پراکندگی اسـتفاده مـی‌کنـد. بعضی از اطلاعات تهیه شده در مدل شامل شبکه‌های زمین، ارتفاع، پوشش گیاهی، انواع خـاک، دمـای سـطح دریـا و اطلاعات هواشناسی در مقیاس همدیدی است. این مدل تا ارتفاع ۸۰۰۰ متـری مولفـه‌هـای جـوی و اقلیمـی را مـورد واکاوی قرار می‌دهد که دارای قابلیت‌هایی از قبیل پیش‌بینی آلودگی هوا، توفان‌ها، سرعت و جهـت بـاد و غیـره اسـت (شمسی پـور،۲۰۱۲:۱۷۰). مدل TAPM مدلی بسیار ساده (به محاسبات کمی نیـاز دارد) و تـا حـدودی سـریع اسـت (زواررضا،۲۰۰۸ :۲۷). در این مدل امکان حذف یا تغییر در برخی از عوارض سطح زمین و شـبیه سـازی اثـر آنهـا بـر رفتار فراسنج‌های اقلیمی وجود دارد. این مدل جزء مدل های منطقه محدود است و در این نوع مدل‌هـا تعیـین شـرایط مرزی باید لحاظ گردد که در نتیجه، در آنها ویژگـی پایـستاری در ارتبـاط بـا عناصـر جـوی وجـود نـدارد. همچنـین TAPM مدل منطقه ای غیر هیدرواستاتیک دینامیکی است. داده‌های مورد نیاز در این مدل بـه سـه دسـته تقـسیم مـی شوند:

– داده‌های سطح زمین (Terrain) مثل توپوگرافی، پوشش گیاهی، آب و خـاک. ایـن داده‌هـا بـا قـدرت تفکیـک (Resolution) یک کیلومتر در یک کیلومتر بوسیله شرکت ارائه دهنده مدل تهیه شده و سـالانه بـروز مـی‌شـود. ایـن داده‌ها برای همه نقاط جهان از جمله تمام نقاط ایران تهیه مـی‌شـود امـا کـاربر مـی‌توانـد ایـن داده‌هـا را تغییـر داده و اطلاعات مورد نظر خود را به مدل بدهد.

– داده‌های همدیدی و هواشناسی مدل (داده‌های واکـاوی اسـت کـه بوسـیله هیئـت اسـترالیایی هواشناسـی تهیـه می‌شود و هر ساله بروز می‌شود). قدرت تفکیک همدیدی مدل ۷۵ کیلومتر است. این حداقل پوشش مدل است.

– داده‌های نوع سوم بسته به نوع تحقیق بکار گرفته شده دارد. مثلاً اگر پژوهش بر آلـودگی هـوا متمرکـز شـود، در این قسمت از داده‌های آلاینده‌ها استفاده می‌شود. در واقع نوع سوم از داده‌ها بر عهده پژوهشگر است. بطـوری‌کـه وی می‌تواند داده‌های شرکتی مدل را تغییر داده و از داده‌های خودش در آن جـایگزین نمایـد. داده‌هـایی کـه بـه مـدل داده می‌شوند باید از نوع ASCII باشند، هرچند که مدل قابلیت تبدیل فرمت‌های مختلف داده‌ها را نیز دارد.

داده‌ها می‌توانند به چهار صورت به این برنامه تغذیه شوند. الف: به صورت نقطه‌ای (Point source) یعنی منطقه مورد مطالعه یک نقطه با مختصات خاص در نظر گرفته می‌شود. مثل یک کارخانه. ب: خطی (Line source). جاده‌ها و خیابان‌ها در این دسته قرار می‌گیرند. انتشارات استخراج شده از جاده‌ها به برنامه داده می‌شود و برنامه آن را به صورت مساوی در طول خط پخش می‌کند و مدل را شبیه‌سازی می‌کند. ج: سطحی (Area source). سطحی با ابعاد خاص به برنامه داده می‌شود و مدل از روی آن ساخته می‌شود. د: شبکه‌ای (Grid source) که ترکیبی از همه موارد ذکر شده در بالاست.

در مجموع مدل TAPM بر پایه دینامیک سیالات و معادلات انتقال عددی به منظور پیش بینی هواشناسی و همچنین تمرکز آلودگی در یک محدوده خاص استوار است. مولفه هواشناسی TAPM تراکم ناپذیر و غیر هیدرواستاتیکی و با لحاظ وضعیت مختصات عمومی سطح زمین برای شبیه سازی سه بعدی است. در این مدل، باد میانگین با مولفه‌های افقی u و v (متر بر ثانیه) از معادله گشتاوری، سرعت عمودی سطح زمینی σ از معادله پیوستگی و دمای واقعی پتانسیل QV (درجه کلوین) از معادله ترکیبی بقای حرارت و بخار آب تعیین می شود (کاردان و همکاران،۲۰۱۰). زمینه در نظر گرفته شده برای نرم افزار TAPM شبیه سازی متوسط مقیاس هواشناسی، از جمله زمینه‌های پیچیده پراکندگی آلاینده های فیزیکی و شیمیایی، وهمچنین ارزیابی اثرات زیست محیطی عوامل سطح زمین، در مقیاس و واحد نقطه، خط و سطح می باشد (هورلی و همکاران،a۲۰۰۵).

از جمله محدودیت‌های این مدل می‌توان به محدودیت مقیاس افقی آن که حداکثر تا ۱۵۰۰ کیلومتر می باشد، اشاره کرد که به دلیل صرف نظر کردن از محاسبات مربوط به انحنای سطح زمین است. همچنین TAPM را نمی توان برای مطالعات مربوط به ترازهای بالایی جو و گردش عمومی عمیق جو و یا حوادث آب وهوایی شدید (طوفان و رعد و برق) مورد استفاده قرار داد.

مدل TAPM نسبت به دیگر مدل‌های هواشناسی مزایای زیادی نیز دارد. از جمله این مزایا می‌توان به تفکیک زمانی پایین بین ۵ تا ۳۰۰ ثانیه‌ای مدل اشاره کرد. همچنین تفکیک پذیری افقی مدل بین ۰٫۱ کیلومتر تا ۳۰ کیلومتر قابل تنظیم می باشد و از این جهت نیز قابلیت بسیار مناسب و بالایی را جهت شبیه سازی در مقیاس‌های خرد را دارا می باشد. قدرت تفکیک پذیری عمودی مدل نیز بین ۲۰ تا ۵۰ سطح از سطح زمین تا ارتفاع ۸۰۰۰ متری قابل تغییر می باشد و ضمن اینکه خروجی مدل در یک مرحله شبیه سازی در حداقل ۵ سطح قابل دریافت است. از دیگر ویژگی‌های مثبت مدل TAPM تحت ویندوز بودن و قابلیت اجرا بر روی رایانه‌های شخصی آن می باشد، که از این جهت موجب استفاده این مدل در ابعاد متعددی در سال‌های اخیر در مناطق مختلف جهان شده است (هورلی و همکاران،b،۲۰۰۵). همچنین مدل اشاره شده دارای قابلیت مناسبی در جهت ارائه گرافیکی نتایج شبیه سازی باد و پراکنش مواد از سطح نیز می‌باشد.

وب سایت CSIRO گزارش‌های متعددی را در زمینه ارزیابی و تائید عملکرد مدل TAPM در مناطق مختلف جهان و گزارش ۳۱ صفحه‌ای ویژه‌ای را نیز در این مورد ارائه نموده است[1]. در این زمینه پژوهش‌های متعدد هورلی و همکاران، ۲۰۰۰،۲۰۰۱ و۲۰۰۳ ضمن تایید عملکرد این مدل، TAPM را از بسیاری از دیگرمدل‌های هواشناسی برتر دانسته‌اند. همچنین پژوهش سازمان حفاظت از محیط زیست استرالیا نیز در همین زمینه عملکرد مدل TAPM را در شبیه سازی‌های هواشناسی و پدیده های سطحی مربوط به ترازهای زیرین جو مورد تایید قرار داده است (فیزیک[2] و همکاران، ۲۰۰۲).

شبیه سازی آب وهوایی به گونه علمی از دهه ۱۹٤۰ میلادی و پیدایش نخستین رایانه‌ها شروع شد و جهت شبیه سازی اقلیمی وقایع احتمالی و تطبیق آن با واقعیت و روی هم رفته تحلیل عددی و این گونه پژوهش‌ها از عمر علمی چندانی برخوردار نیستند. در زمینه مدل سازی تاثیر دریاچه بر خشکی مجاور آن، خشک شدن دریاچه آرال به وسیله دارمنووا و سوکولیک[3] (۲۰۰٦) با مدل نرم افزار MM5 انجام شده است و با سه طرحواره تمام دریاچه، نیم دریاچه و دریاچه کامل خشک شده به انتشار گرد وخاک و میزان پراکندگی آن پرداختند. کاردان و همکاران (۲۰۱۰) در پژوهشی با استفاده از نرم‌افزار TAPM تأثیر دریاچه جازموریان بر خشکی زمین‌های مجاور را شبیه‌سازی کردند. آنها با افزایش فرضی سطح آب و ایجاد یک دریاچه مجازی در حوزه، تغییرات منطقه‌ای مانند تغییر دما، سرعت باد و رطوبت نسبی منطقه در مقطع زمانی زمستانی و تابستانی را بررسی کردند و نتایج خروجی مدل قابل قبول ارزیابی شد. مرادی و همکاران (۱۹۹۹) در مطالعه‌ای به بررسی نقش طوفان‌های شن بر اراضی کشاورزی با استفاده از GIS در سیستان پرداختند و نتایج نشان داد که در زمان خشکی دریاچه هامون، رسوبات کف دریاچه باعث رها شدن به اراضی کشاورزی شده که این امر تخلیه سکونتگاه‌های روستایی را در پی دارد. سانگ[4] (۲۰۰٤) با استفاده از شبیه‌سازی عددی طوفان‌های گرد و غبار در چین را به منظور پیش‌بینی فرسایش بادی در مقیاس منطقه‌ای مورد مطالعه قرار داد. همچنین دارمنووا و سوکولیک (۲۰۰۹) با استفاده از تابع انتشار گرد و غبار DoMo و مدل WRF انتشار گرد و غبار در مناطق مرکزی و شرق آسیا را بررسی کردند. سپانسگی و تگان (۲۰۰۹) انتقال گرد و غبار بیابان صحرا به سمت نواحی گرمسیری اقیانوس اطلس را با استفاده از مدل LM-MUSCAT مورد بررسی قرار دادند.

راشکی و گنجعلی (۲۰۰۸) در تحقیقی به بررسی اثرات فرسایش بادی و پیامدهای ناشی از آن در منطقه سیستان پرداختند. نتایج نشان داد که با وقوع خشکسالی در منطقه سیستان و به تبع آن کاهش پوشش گیاهی و خشک شدن دریاچه هامون که بصورت کمربندی در شمال منطقه قرار دارد و همچنین وجود بادهای ۱۲۰ روزه، شرایط مناسبی جهت فرسایش بادی و وقوع طوفان‌های گرد و خاک فراهم آمده است. قنبری و عزیزی (۱۹۹۹) الگوی باد را در

1 http://www.cmar.csiro.au/research/tapm/docs/tapm_v4_technical_paper_part2.pdf
2 Physik
3 Darmenova and Sokolik
4 Song

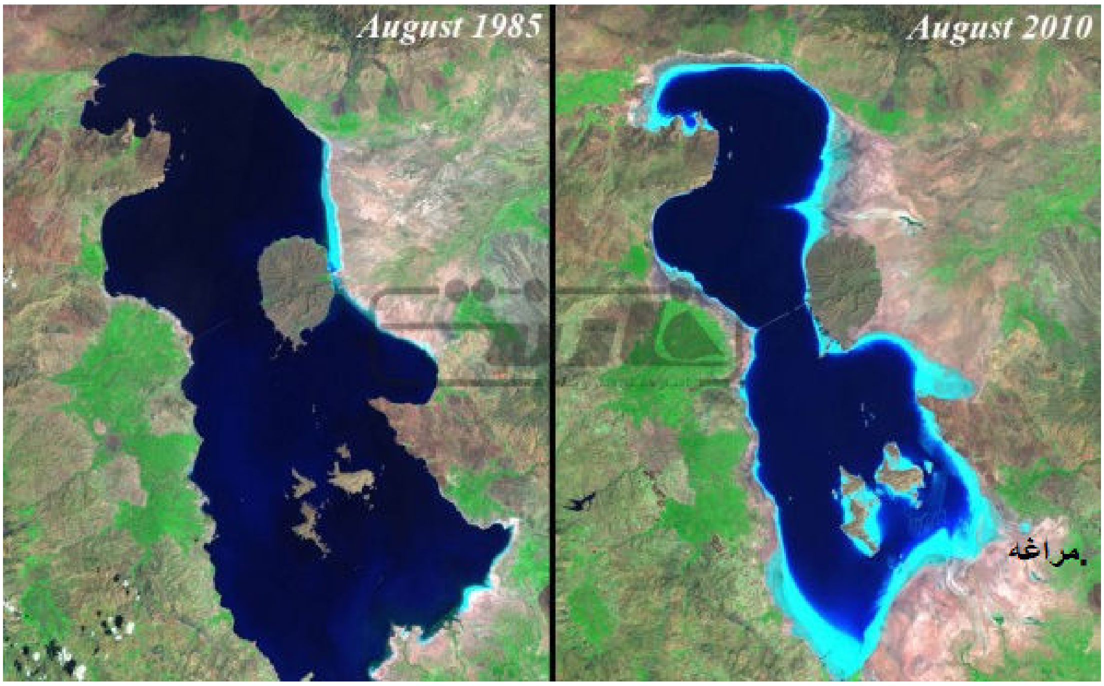
تهران با استفاده از TAPM شبیه سازی کرده و اثر رشته کوه‌های اطراف تهران را در تمرکز آلاینده های موثر دانسته‌اند. شمسی پور وهمکاران(۲۰۱۳) جزیره گرمایی شهرتهران را با مدل TAPM شبیه سازی کرده و اثر الگوی باد را در جزیره گرمایی شهر موثر برشمرده اند. مدیریان و همکاران (۲۰۱۰) در شبیه سازی سازوکار بارش در خراسان با استفاده از RegCm به این نتیجه رسیدند که این مدل در شبیه سازی بارش خراسان توانمندی کمی دارد و با خطا همراه می باشد. بابائیان و همکاران (۲۰۰۷) حساسیت مدل $RegCm_3$ را با طرحواره های بارش همرفتی مختلف بررسی کردند . براساس این مطالعه، طرحواره گرل با خطای تقریبی 20 درصد، توانمندی خوبی برای پیش بینی بارش کشور دارد. سلطان زاده و همکاران(۲۰۰۸) در بررسی شبیه سازی حذف رشته کوه زاگرس و اثر آن بر اقلیم ایران به این نتیجه رسیدند که با حذف زاگرس بارش ایران مرکزی اندکی زیادتر می شود، اما با توجه به مجهول بودن پوشش گیاهی زاگرس بطور قطعی نمی‌توان مشخص کرد که در زاگرس تغییرات چگونه خواهد بود. اشوک (۲۰۰۶) به مدل سازی آلودگی هوا با استفاده از انتشار PM_{10} در لانستون استرالیا در دوره زمستان پرداخت و در آزمون مدل TAPM جهت بررسی آلودگی سوخت های جنگلی در شهر نتیجه می‌گیرد که مقایسه دو منطقهٔ شهری و روستایی با یکدیگر از نظر آلودگی و سنجش آن با داده های واقعی، کارایی مدل را تایید می کند.

توفیقی و همکاران (۲۰۰۷) در مطالعه‌ای با مدل MZKE21 به شبیه سازی دو بعدی هیدرودینامیک برای تعیین الگوی جریان دریاچه ارومیه پرداختند و سپس تأثیر عوامل جریان‌ساز مانند دبی رودخانه‌ها، تبخیر و باد را در مدل بررسی کردند و نتایج نشان داد در شرایط متعارف رودخانه، باد اصلی ترین عامل به وجود آورنده جریان است. شایان و جنتی (۲۰۰۸) نوسانات مرز پیرامونی دریاچه ارومیه را با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای بررسی کردند و یافته های آنها نشانگر این بود که حداکثر میزان مساحت در دوره زمانی ۱۵ ساله مربوط به سال ۱۹۹۸ و حداقل آن مربوط به سال ۲۰۰۲ میلادی بوده است. برزگر و صدیقیان (۱۹۹۱) با استفاده از داده‌های ماهواره‌های لندستMSS و SPOTنشان دادند که اثر احداث بزرگراه در میانه دریاچه باعث تغییراتی در میزان رسوب گذاری در نیمه شمالی و جنوبی شده است، که این امر منجر به تغییراتی در وضعیت تعادل زیست محیطی دریاچه خواهد شد. علوی‌پناه و خدائی (۲۰۰۰) با استفاده از تصاویر سنجنده TM میزان غلظت رسوبات شور آب دریاچه ارومیه را مطالعه کرده و نشان دادند که میان‌گذر روی دریاچه ارومیه اثراتی بر جریان آب و میزان رسوب گذاری در کناره میان‌گذر داشته است. دلاور و همکاران (۲۰۰۹) در تحقیقی تأثیر تغییرات اقلیم را بر دریاچه ارومیه بررسی کردند. در این مطالعه، نوسانات گذشته تراز دریاچه با استفاده از روش شبکه‌های عصبی مصنوعی و اطلاعات دبی، تبخیر و بارش شبیه سازی و سپس با استفاده از مدل HadCM3 از مدل‌های معتبر گردش عمومی جو با AOGCM است، داده‌های دما، تبخیر و باران برای دوره ۲۰۹۹–۲۰۰۶ شبیه‌سازی شد. نتایج حاکی از آن بود که تغییرات اقلیم نقش موثری در کاهش تراز دریاچه در سال‌های آینده خواهد داشت.

مطالعات متعددی مرتبط با دریاچه ارومیه انجام شده، اما پژوهشی که در مورد خشک شدن دریاچه و تأثیرات دمایی آن در مناطق اطراف را به صورت مدلسازی رایانه‌ای بیان کند کمتر دیده می‌شود. لذا در این پژوهش با استفاده از مدلسازی اقلیمی در سطح منطقه ای عوامل تأثیرگذار بر اقلیم منطقه مراغه، در صورت خشک شدن دریاچه مورد پردازش قرار می‌گیرند و به کمک شبیه‌سازی رایانه‌ای، رژیم تغییرات دما در جنوب شرق دریاچه (منطقه هدف مطالعاتی) مورد ارزیابی قرار می‌گیرد. در مجموع هدف این پژوهش شبیه سازی رژیم دما در ایستگاه مراغه در شرایط خشکی کامل دریاچه می باشد. همچنین از دیگر اهداف این پژوهش آزمون خروجی‌های مدل در شرایط عادی و در مقایسه با داده های ایستگاهی منطقه است.

۲. منطقه مورد مطالعه

دریاچه ارومیه تنها پهنه آبی شمال‌غربی ایران محسوب می شود که نقش تاثیرگذاری بر اقلیم این سامان دارد. مراغه از شهرهای مهم استان آذربایجان شرقی در شمال‌غربی ایران و در کنار رودخانه صوفی‌چای با ۱٤۰۰متر ارتفاع در دامنه جنوبی کوه سهند گسترده شده‌است. مراغه در ۳۰ کیلومتری جنوب شرقی دریاچه ارومیه در شمال‌غربی ایران و با حدود ۱۵۰ متر ارتفاع از سطح دریاچه قرار دارد. شکل(۱) تصویر ماهواره ای منطقه پژوهش را نشان می‌دهد.



شکل ۱ مقایسه تصویر ماهواره‌ای دریاچه ارومیه در ماه اوت سال ۱۹۸۵ و ۲۰۱۰ (منبع ویکیپدیا)

۳. مواد و روش‌ها

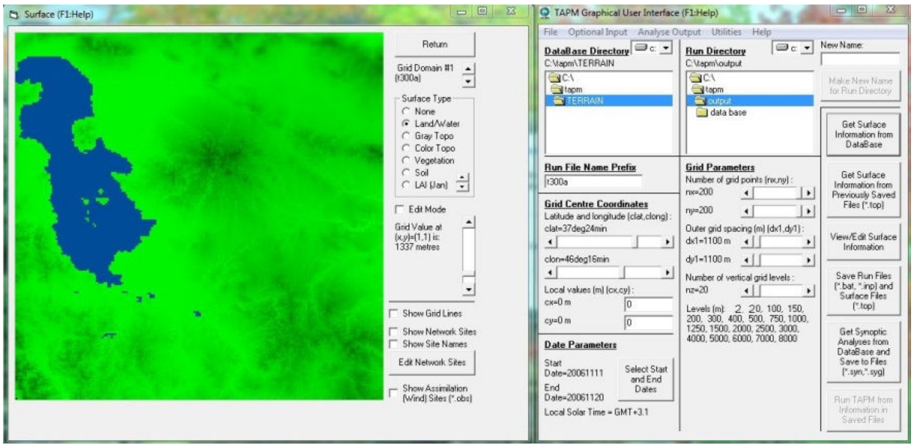
از آنجا که تاکنون تنها داده‌های سال‌های ۲۰۰۳ و ۲۰۰٦ مدل TAPM در دسترس می باشد، لذا اساس این پژوهش برداده‌های موجود در کشور در این دو سال قرار گرفته است. به منظور تحقق هدف پژوهش از دوپایگاه داده، الف) شامل داده‌های ایستگاه همدید مراغه در سال ۲۰۰۳ و ۲۰۰٦ و ب) پایگاه داده همدید مدل TAPM استفاده شده است. از این روی داده‌های خروجی مدل با داده‌های ایستگاه همدید مطابقت داده شده و همچنین در مواردی خطاهای موجود در داده‌های خروجی مدل توسط داده‌های ایستگاهی اصلاح گردیده است. در این راستا ۷۳۰ روز در طول دو سال (۲۰۰۳ و ۲۰۰٦) به صورت ساعتی (۱۷۵۲۰ ساعت) توسط مدل شبیه سازی شد، و داده-ها به صورت متوسط ماهانه، و متوسط ساعتی ماهانه ارائه گردیده است. در این بخش به منظور آشنایی کلی با نحوه اجرای مدل TAPM در این پژوهش طرحواره‌ها و خصوصیات اجرلی مدل به شرح زیر مطرح می‌گردد.

در شکل ۲ ، بخش تنظیمات کلی مدل (صفحه موسوم به GUI) و همچنین پهنه منطقه مورد مطالعه در مدل نشان داده شده است. مدل TAPM به منظور اجرای صحیح و قابل اطمینان در زمینه شبیه سازی نیاز به تنظیماتی مانند، طول و عرض ایستگاه یا پهنه منطقه مورد نظر، تاریخ شروع و پایان شبیه سازی، معرفی داده‌های سطحی و داده های همدید به مدل و... دارد. بر این اساس به منظور پوشش کامل منطقه و دریاچه ارومیه و همچنین استفاده از حداکثر توان تفکیک طولی و عرضی مدل، از ۲۰۰ تقاطع طولی و عرضی با ابعاد طولی و عرضی هر پیکسل ۱۱۰۰ متر و ۲۰ تراز ارتفاعی استفاده شده است. در مجموع وسعت محدوده (Buffer) مورد مطالعه در این پژوهش ٤٨٤٠٠ کیلومتر مربع $(200*1.1)^2$ بوده است. در این راستا به منظور تحقق اهداف پژوهش از دو طرحواره کلی برای اجرای مدل به عنوان طرحواره الف و ب استفاده شده است.

طرحواره الف): در این طرحواره که بیانگر شرایط واقعی و وجود پهنه آبی دریاچه در حالت طبیعی سال ۲۰۰۳ و ۲۰۰٦ بوده و مدل با اجرا در این دو سال خروجی‌های شرایط واقعی را در اصل برای منطقه مورد مطالعه ارائه نموده است. هدف از اجرای این طرحواره تطابق و واسنجی میزان خطای مدل نسبت به داده های مشاهداتی (ایستگاه همدید مراغه) و در صورت نیاز اصلاح خطاها به روش های آماری بوده است.

طرحواره ب): در این طرحواره تمام متغیرها در حالت قبل ثابت نگه داشته شده و تنها متغیر پوشش آب پهنه دریاچه با نزدیک‌ترین پوشش به پوشش بیابانی و نمکزار در مدل تغییر داده شد. در این راستا پوشش شماره ۱۰ در مدل (شن و ماسه با بافت لوم) در بین تمام بافت‌های خاک موجود در مدل به پوشش زمان خشک شدن دریاچه نزدیک‌تر تشخیص داده شد (پوششی به عنوان نمک یا نمکزار در مدل وجود ندارد) که در این راستا بیشتر تفاوت پوشش‌های خاک مربوط به بافت آنها در مدل می‌باشد. این نوع پوشش با پوشش مناطق بیابانی و خشک سازگاری بیشتری دارد ضمن اینکه درخود داده‌های اصلی مدل مناطق پیشتر خشک شده دریاچه نیز با این نوع پوشش در نظر

گرفته شده‌اند. در مجموع خروجی‌های دما در ارتفاع ۲ متری بـا داده‌هـای اصـلاح شـده طرحـواره اول در بـازه‌هـای تغییرات متوسط روزانه و ساعتی ماهانه برازش داده شده و در مجموع متوسـط تغییـرات سـال ۲۰۰۳ و ۲۰۰۶ در بـازه های زمانی پیشگفته به صورت نمودار دما ارائه و تفسیر گردیده است.



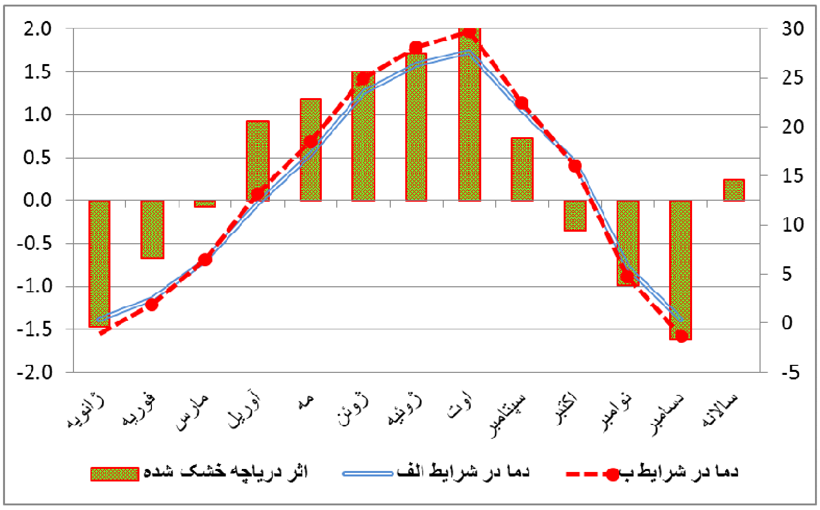
شکل ۲ پنجره **GUI** سمت راست و منطقه مطالعاتی در مدل **TAPM** در سمت چپ

٤. بحث و نتایج

تغییر در پوشش سطح دریاچه نقش موثری در آب وهوای مناطق دارد. با توجه بـه اثـر تغییـرات زاویـه تـابش بـر ترازنامه گرمایی منطقه لازم است، تا تغییرات در شرایط مختلـف تابـشی و دمـایی بررسـی شـود. بـدین ترتیـب ابتـدا تغییرات ماهانه شرایط شبیه سازی شده با شرایط واقعی مقایسه شده و سپس تغییرات روزانه دمـا بـه صـورت سـاعتی در هر ماه مورد مقایسه و واکاوی قرارگیرد.

اختلاف دمای شرایط شبیه سازی شده با دماهای میانگین رخداده نشان می‌دهد که وجود دریاچه در فـصل سـرد و گرم دارای تاثیرگذاری مشخصی می باشد (شکل،۳). این نمودار رونـد تغییـرات متوسـط دمـای ماهانـه در دو شـرایط طرحواره الف و ب (شرایط دریاچه پر آب و شرایط دریاچه خشک) به صورت خطی و میـزان اخـتلاف ایجـاد شـده در متوسط دمای ماهانه را به صورت نمودار ستونی نمایان می‌سازد. بر اساس شواهد به دست آمده میـزان اثرگـذاری و جهت آن در ماه‌های سرد سال (اکتبر، نوامبر، دسامبر، ژانویه و فوریه) به صـورت کاهـشی اسـت و در مـاه‌هـای گـرم تغییرات به صورت افزایش متوسط دمای ماهانه نمود می یابد (مارس، آوریـل، مـه، ژوئـن، اوت و سـپتامبر). بـر ایـن اساس تعداد ماه‌هایی که روند دمای آنها در مجموع و به صورت میانگین افزایشی است و به صورت مشخـصی هـم از تعداد و هم از نظر میزان متوسط دما تغییرات بیشتری را نشان می دهند. در مجموع اگرچه تغییرات متوسط سـالانه دمـا در شرایط شبیه سازی شده طرحواره ب (شرایط خشک شـدن دریاچـه) افـزایش حـدود ۰٫25 درجـه سلـسیوس در متوسط دما را نشان می دهد، اما این تغییرات در متوسط دمای ماهانه تا نزدیک به ۲ درجه نیز نوسـان دارد. نکتـه دیگـر

اینکه تغییرات دمای کمتر در ماه‌های انتقالی یا به عبارت بهتر فصول انتقالی سال می باشد. بنابراین به نظر مـی رسـد در صورت خشک شدن دریاچه بیشترین تغییرات در سردترین و گرم‌ترین ماه‌های سال خـود را شـدیدتر نـشان خواهـد داد. طول روز و مدت زمان تابش خورشید بر سطوح در تغییرات روزانه و متوسط درازمدت دمـای آنهـا اثـر دارد، لـذا نتایج در اینجا نشان می‌دهد خشکی سطح دریاچه اثرات طول روز و تابش خورشید بـر اخـتلاف دمـای شـبیه سـازی شده را نسبت به شرایط عادی بیشتر کرده بطوری که در ماههایی کـه طـول روز و دمـا بیـشتر اسـت، سـطح دریاچـه خشک شده و موجب افزایش متوسط دما می‌شود. گرمای ویژه و هدایت مولکولی مختلف اجسام و نحـوه توزیـع آن سبب می شود که تغییرات تابشی و توزیع گرمایی در خشکی و سطح پوشش گیاهی و آب متفاوت باشـد (کاویـانی و علیجانی،۲۰۰۸،۹۰). در صورت خشک شدن دریاچه ارومیه، رژیم دمای ایستگاه مراغه به تبع آن بری تر خواهـد شـد. به اختلاف دمای بین سردترین و گرمترین ماه سال بیش از ۳٫۵ درجه سلسیوس اضافه می‌گردد و این مـسئله بـر سـایر جنبه‌های اقلیمی منطقه نیز تاثیر خواهد داشت. افزایش ۰٫۹ درجه دمای مـاه آوریـل در مقابـل کـاهش ۰/۳ درجـه مـاه اکتبر نشان دهنده اثر افزایشی بیشتر فقدان دریاچه نسبت به اثر کاهشی آن در رژیم دما است (شکل، ۳).



شکل ۳ این نمودار خروجی مدل در زمینه تغییرات ماهانه دما به درجه سلسیوس را در دو طرحواره الف (شرایط طبیعی منطقه مورد مطالعه) و طرحواره ب (شرایط دریاچه خشک شده) به صورت اصلاح شده با داده‌های ایستگاه همدید مراغه به شکل خطی با محور سمت راست، و میزان اختلاف متوسط دما ماهانه طرحواره ب نسبت به الف را به صورت ستونی با محور سمت چپ نمودار نشان می‌دهد.

٤٫١. مطالعه تغییرات دما به صورت متوسط ساعتی ماهانه

به منظور تلخیص نتایج و ارائه فشرده آن، این بخش در چهـار نمـودار و بـه صـورت چهارفـصل و ماهانـه مـورد بررسی قرار می‌گیرد. هدف از ارائه این بخش، روشن سازی تغییرات روزانه دما در شـرایط خـشک شـدن دریاچـه بـا شرایط عادی در طول ماه های سال می باشد.

الف) سه ماهه اول (ماه‌های، ژانویه، فوریه و مارس)

تغییرات ساعتی متوسط دما در ماههای ژانویه، فوریه و مارس (شکل ٤) نشان می‌دهد، در فصل زمستان مهم‌ترین اثر خشک شدن دریاچه به صورت افزایشی دمای کمینه و به ویژه افزایش تعداد و شدت یخبندان‌های شبانه رخ می نماید. کاهش محسوس دما در ساعت های نبود تابش خورشید نمایانگر بری تر شدن منطقه مورد مطالعه و به عبارتی بهتر خشکی محیط می باشد. بر این اساس در این فصل با خشک شدن دریاچه در ساعات عدم تابش خورشید در منطقه مورد مطالعه میزان زیادی از تابش روزانه آن به صورت زمینتاب (موج بلند) از جو خارج گردیده و به سرعت دما کاهش می یابد. نتایج نشان می دهد بیشترین کاهش در این فصل در ماه ژانویه در ساعات حدود ٤ صبح می باشد. همچنین نکته قابل تامل دیگر فزونی شیب تغییرات افزایشی و کاهشی دما در بازه‌های معین زمانی پس از طلوع و هنگام غروب می باشد. بر این اساس با توجه به تغییرات ایجاد شده، خشک شدن دریاچه شیب تغییرات دمای ساعتی روزانه را در این فصل افزایش خواهد داد.

ب) سه ماهه دوم (آوریل، مه و ژوئن)

سه ماهه دوم که به نوعی مطابق فصل بهار تقویمی است، به صورت روند تغییرات مشابه با سه ماهه اول می باشد. آوریل به عنوان خنک ترین ماه این فصل بیشترین کاهش دما را در ساعت شبانه در شرایط خشک شدن دریاچه نشان می دهد. در این ماه در ساعات شبانه حداکثر ۱٫۵ درجه از دمای هوا در شرایط واقعی نسبت به شرایط دریاچه خشک کاسته می شود، در حالی که در گرم‌ترین ساعات روز در حدود ۲٫۵ درجه بر دمای هوا شبیه سازی دریاچه خشک (طرحواره ب) نسبت به شرایط دریاچه پر آب (طرحواره الف) افزوده گردیده است. در ماه‌های مه و ژوئن نیز شرایط تاحدودی مشابه بوده و این تفاوت در کاهش کمتر دمای شبانه و افزایش بیشتر دمای روزانه در شرایط طرحواره ب نسبت به طرحواره الف می باشد (شکل٥).

ج) سه ماهه سوم (ژوئیه، اوت و سپتامبر)

در این بازه زمانی که به عنوان گرم‌ترین ماههای سال در دوره مطالعاتی محسوب می گردند، شرایط تغییرات دما در طرحواره الف نسبت به طرحواره ب مشابه ماههای اشاره شده پیشین است، با این تفاوت که از میزان دمای کاهشی شبانه کاسته و بر میزان دمای افزایشی روزانه افزوده می گردد. در این فصل بیشترین تغییرات در ماه اوت بوده، که بیشینه متوسط دمای این ماه از کمتر از ٣٤ درجه سلسیوس در طرحواره الف به ۳۸ درجه سلسیوس در طرحواره ب افزایش می یابد. همچنین در ماه سپتامبر نیز میزان تغییرات نزدیک به ماه اوت و درحدود ۳٫۸ درجه سلسیوس می باشد. به هر ترتیب اگرچه تغییرات کاهشی در متوسط دمای کمینه شبانه در صورت خشک شدن دریاچه در این ماه ها نیز برآورد شده، اما با این حال میزان تغییرات افزایشی دمای هوا در بازه‌های زمانی گرم روز در

ماه‌های مورد بررسی نسبت به تغییرات کاهشی برآورد شده شبانه به مراتب بیشتر می باشد، بنابراین متوسط دما در این ماه‌ها به سمت دماهای بالا میل می کند. با توجه به نتایج به دست آمده در این بخش دماهای بیشینه فصل گرم در طرحواره ب تغییرات شدید افزایشی و نگران کننده‌ای را نشان می دهد (شکل ٦).

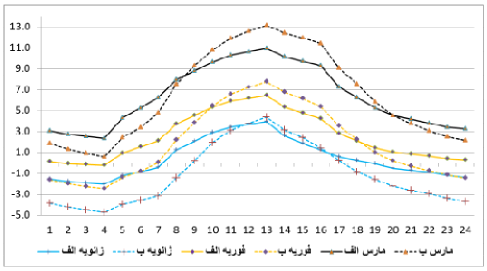
د) سه ماهه چهارم (اکتبر، نوامبر و دسامبر)

با توجه به اینکه این ماه‌ها از جمله ماه‌های سرد سال در منطقه مورد مطالعه محسوب می گردند، از این روی تغییرات کاهشی دمای شبانه در شرایط خشک شدن دریاچه بسیار تشدید می گردد و این تغییرات در ماه دسامبر به عنوان سردترین ماه سال در منطقه بسیار بیشتر و محسوس‌تر است. اگرچه تغییرات افزایشی دما ساعات گرم روز در ماه دسامبر نیز دیده می شود، اما این مقادیر بسیار اندک و در حد حداکثر ۰٫۱ یا ۰٫۲ درجه سلسیوس می باشد. از این روی به نظر می رسد طول روز، زاویه تابش و به احتمال زیاد یخزدگی پوشش سطحی در افزایش دمای روزانه بسیار تاثیر گذار می باشد. بیشینه میزان کاهش دمای شبانه به حدود ۳- درجه سلسیوس می رسد (شکل ۷).

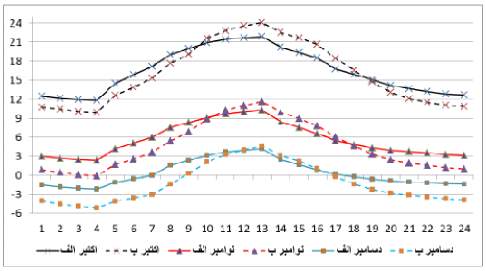
در مطالعات مدلسازی اولین گام قبل از هرگونه تجزیه و تحلیلی، ارزشگذاری داده‌های خروجی مدل و اثبات میزان صحت آنهاست (Warnen,2011). در این بخش به منظور شفاف سازی بحث میزان اریبی و خطای داده‌های مدل و همچنین ارائه میزان مطابقت داده‌های خروجی مدل در طرحواره الف نسبت به داده‌های ایستگاه مشاهداتی منطقه از شکل‌های ۸ و ۹ که مجموع مقادیر متوسط خطا ساعتی ماهانه و همچنین نمودار تغییرات مجموع متوسط مقادیر ساعتی دو ماه دسامبر و اوت (سردترین و گرمترین ماه) استفاده شده است.

در واقع شکل ۸ نشان می دهد، مجموع مقادیر خطا متوسط ماهانه داده‌های بکارگرفته شده در خروجی مدل با داده‌های ایستگاهی بیانگر، رخداد خطای براورد مدل در سردترین ماه‌ها و گرم‌ترین ماه‌ها می باشد. بدین معنا که مدل اجرا شده به نظر می رسد در برآورد دقیق شاره های سطحی و اثر گرمایش و سرمایش سطح زمین و نقش آن در تغییرات دما تا اندازه ای با خطا همراه است. از این رو نمودار تغییرات ساعتی مقادیر خطای مدل به صورت متوسط گیری شده ساعتی ماهانه در دسامبر و اوت در شکل ۹ نشان می دهد، بیشینه مقادیر خطا عمدتا" مربوط به واداشت های سطحی و همچنین نقش کمینه و بیشینه مقادیر خطا و تغییر روند گرمایش یا سرمایش سطحی نیز در این امر موثر بوده و عمدتا" در دماهای پایین خطای مدل بیشتر از دماهای بالا می باشد. لازم به ذکر است هیچ شبیه سازی رایانه ای با خطای صفر همراه نیست و بطورکلی مدل سازی محیط طبیعی در فضای مجازی کاری پیچیده و همواره با درصدی از خطا همراه می باشد. بهمین علت خطاهای مدل در شبیه سازی در طرحواره الف محاسبه و در طرحواره ب ضریب آن اعمال گردید، تا بدین صورت نتایج با ضریب خطای کمتری محاسبه گردند.

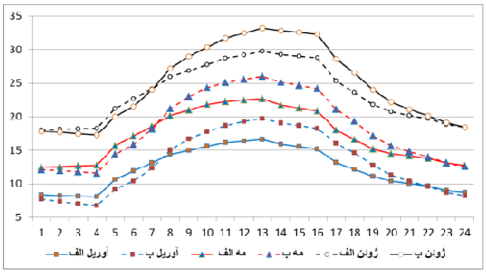
در مجموع اگرچه داده‌های شبیه سازی شده خروجی مدل در طرحواره الف با داده‌های ایستگاهی مراغه تا اندازه ای اختلاف داشته، اما به سبب کمی اختلاف می توان نتایج شبیه سازی مدل TAPM را قابل پذیرش دانست.



شکل ٤. شبیه سازی ساعتی سه ماهه اول متوسط ۲۰۰۳ و ۲۰۰٦، طرحواره الف دریاچه پر آب و طرحواره ب دریاچه خشک



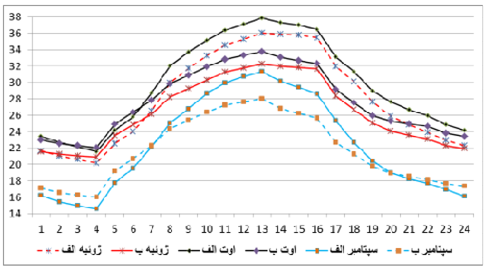
شکل ۵. شبیه سازی ساعتی سه ماهه چهارم متوسط ۲۰۰۳ و ۲۰۰٦، طرحواره الف دریاچه پر آب و طرحواره ب دریاچه خشک



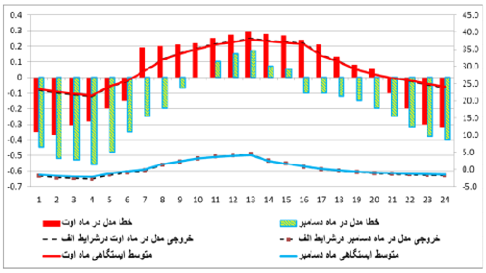
شکل ٦. شبیه سازی ساعتی سه ماهه دوم متوسط ۲۰۰۳ و ۲۰۰٦، طرحواره الف دریاچه پر آب و طرحواره ب دریاچه خشک



شکل ۷. مجموع خطای ماهانه مدل در شرایط شبیه سازی شده طرحواره الف در مقایسه با داده های مشاهداتی



شکل ۸ شبیه سازی ساعتی سه ماهه سوم متوسط ۲۰۰۳ و ۲۰۰٦، طرحواره الف دریاچه پر آب و طرحواره ب دریاچه خشک



شکل ۹.متوسط خطای مدل در ماه های دسامبر و اوت در شرایط شبیه سازی شده طرحواره الف در مقایسه با داده های مشاهداتی

۵. نتیجه گیری

تغییرات آب وهوایی حاصل از فعالیت‌های انسانی و خشک شدن دریاچه های داخلی قاره ها می توانـد پیامـدهای تغییر اقلیم را در مناطق شدیدتر نماید. نتایج پژوهش حاضر نشان می دهد تغییر در پوشش سطحی زمین بر دمـای هـوا بسیار موثر است و همان‌طور که کاویانی و علیجانی (۲۰۰۸) نیز متذکر شده اند، خصوصیات متفاوت سـطح زمـین در رژیم دمای هوای مجاور آن، نقش تعیین کننده ای دارد. مسئله خشک شدن دریاچـه هـا بـه‌عنـوان یـک مخـاطره آب وهوایی مسئله‌ای بسیار مهم است و همان‌طور که نتایج این پژوهش نشان داد اثرات آن بر شـرایط آب وهـوایی منـاطق

همجوار بسیار تاثیرگذار خواهد بود. خشک شدن دریاچه ارومیه بر اساس خروجی مدل TAPM اثرات مشخصی بر دمای ایستگاه مراغه خواهد داشت و نقش مهمی در بری تر شدن منطقه مورد مطالعه را در پی دارد. در مجموع نتایج شبیه سازی عددی حاضر را می توان به‌طور خلاصه شامل موارد زیر دانست:

۱) کاهش متوسط دمای هوا در ماه‌های سرد مثل دسامبر و ژانویه و افزایش آن در ماه‌های گرم مانند اوت و ژوئیه را می توان از مهم‌ترین نتایج این پژوهش دانست. بر اساس نتایج به دست آمده از شرایط شبیه سازی شده خشک شدن پهنه آبی دریاچه (طرحواره ب)، متوسط بیشینه دما در ماه‌های گرم اوت و ژوئیه حدود ٤ درجه سلسیوس افزایش و کمینه دما در ماه‌های سرد دسامبر و ژانویه بین ۳ تا ٤ درجه کاهش خواهد یافت.

۲) اگرچه بطور میانگین تغییرات متوسط روزانه دما سال‌های مورد مطالعه (۲۰۰۳ و ۲۰۰٦) افزایشی در حدود ۰,۲۵ درجه سلسیوس را نشان می دهد، اما شرایط بری منطقه با افزایش متوسط کمینه و بیشینه به میزان ۸ درجه سلسیوس نیز افزایش خواهد یافت.

۳) انتظار می رود در صورت خشک شدن دریاچه ارومیه فصل سرد سال و به ویژه ماه‌های دسامبر و ژانویه با سرماهای شبانه بسیار شدیدی همراه شود که نتایج مدل سازی نیز غلبه شرایط بری را در خروجی شبیه سازی شده نشان داد.

٤) نتایج این پژوهش نشان می‌دهد دریاچه ارومیه اثر مشخصی در پیرایش آب وهوای پیرامونی و منطقه مورد مطالعه دارد که این ویژگی برای مناطق همجوار آن کاملاً دیده می شود. درصورت خشک شدن احتمالی دریاچه ساعات روز بویژه در ماه‌های گرم افزایش مشخص دما را تجربه خواهد کرد و در مقابل کاهش محسوس دما در ساعات شب دیده خواهد شد.

۵) مدل TAPM اگرچه در برآورد دما با خطای اندکی همراه است (به طور متوسط ، حداکثر حدود ۰,۵ درجه سلسیوس با داده‌های ایستگاه مشاهداتی تفاوت نشان داد) اما در صورت برازش و واسنجی داده های خروجی آن با داده های ایستگاهی قابلیت بسیار مناسبی جهت مدل سازی در سطح منطقه ای را در آب وهوا شناسی خواهد داشت.

کتابنامه

توفیقی ،محمدعلی، زین‌الدینی، مصطفی و اصغر، گلشنعلی، (۱۳۸۵)، شبیه‌سازی دو بعدی هیدرودینامیک دریاچه ارومیه برای تعیین الگوی جریان، نشریه مهندسی دریا، سال سوم، شماره ٤

جعفرپور، ابراهیم(۱۳٦۷)،اقلیم شناسی، چاپ هفتم، انتشارات دانشگاه تهران.

خوش اخلاق، فرامرز (۱۳۸۵)، میکروکلیماتولوژی پیشرفته، جزوه درسی کارشناسی ارشد اقلیم شناسی، دانشکده جغرافیا، دانشگاه تهران،صص ۱۰-۱۵.

دلاور مجید، مرید سعید و مهدی شفیعی‌فر، (۱۳۸۷)، ارزیابی ریسک تراز دریاچه ارومیه و تاثیر تغییر اقلیم بر آن، علوم کشاورزی ایران، ۳۹ (۲)، ۳۷۹-۳۸۸.

راشکی علیرضا و مجتبی گنجعلی، (۱۳۸٦)، بررسی اثرات فرسایش بادی و پیامدهای ناشی از آن در منطقه سیستان، دهمین کنگره علوم خاک ایران

سلطان زاده ایمان,ایران نژاد پرویز,احمدی گیوی فرهنگ،(۱۳۸٦)، بررسی سه ماهه تاثیر رشته کوه های زاگرس بر جریان های میان مقیاس منطقه شرق زاگرس با استفاده از مدل منطقه ای RegCM، مجله فیزیک زمین و فضا . ۱۳۸٦; ۳۳(۱):۳۱-۵۰.

شایان سیاوش و مهدی جنتی، (۱۳۸٦)، شناسایی نوسانات مرز پیرامونی و ترسیم نقشه پراکنش مواد معلّق دریاچه ارومیه با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای (سنجنده‌های ETM, TM & LISSIII)،پژوهش‌های جغرافیایی، ٦۲، ۲۵-۳۹.

شمسی پور،علی اکبر(۱۳۹۰)،جزوه درسی نقشه ها ونمودارهای اقلیمی،دانشکده جغرافیا، دانشگاه تهران،صص ۱۷۰-۱۸۰.

شمسی پور، علی اکبر،مهدیان ماهفروزی، مجتبی،اخوان،هانیه،حسین پور،زینب (۱۳۹۱) واکاوی رفتار روزانه جزیرۀ گرمایی شهر تهران، مجله محیط شناسی، دوره ۳۸، شماره ٤، زمستان ۱۳۹۱.

علوی‌پناه سیدکاظم و خدائی، کمال (۱۳۸۱)، مطالعه اثر میان‌گذر دریاچه ارومیه بر پارامترهای کیفی آب، با استفاده از داده‌های ماهواره‌ای، همایش میان‌گذر دریاچه ارومیه و محیط زیست،۲۰-۲۱ آذرماه، ارومیه.

علیزاده، امین،۱۳۹۰،اصول هیدرولوژی کاربردی، چاپ سی ویکم ، انتشارات دانشگاه امام رضا.

علیزاده،امین،کمالی،غلامعلی، موسوی،فرهاد،موسوی بایگی،محمد(۱۳۹۰)،هوا و اقلیم شناسی، چاپ چهاردهم ، انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد.

قنبری،حسین علی، عزیزی،قاسم،(۱۳۸۷)، شبیه سازی عددی رفتار آلودگی هوای تهران براساس الگوی باد، پژوهش های جغرافیای طبیعی، شماره ٦۸،صص ۳۷-۵۵.

کاردان رحمت‌اله، عزیزی قاسم، زواررضا پیمان و حسین محمدی، (۱۳۸۸)، مدل‌سازی تأثیر دریاچه بر مناطق مجاور (مطالعه موردی: مدل‌سازی اقلیمی حوزه آبخیز جازموریان با ایجاد دریاچه مصنوعی)، مجله علوم و مهندسی آبخیزداری ایران، سال سوم شماره ۷.

کاویانی، محمدرضا (۱۳۸۰) میکروکلیماتولوژی، انتشارات سمت.

کاویانی، محمدرضا، علیجانی،بهلول (۱۳۸٦)، مبانی آب وهواشناسی،چاپ سیزدهم، انتشارات سمت.

مدیریان،راهله، بابائیان،ایمان، کریمیان،مریم،(۱۳۸۸) پیکربندی بهینه مدل RegCM3 برای شبیه سازی بارش و دما در فصل پاییز منطقه خراسان در دوره ۱۹۹۱- ۲۰۰۰، پژوهش های جغرافیای طبیعی، شماره70 ، صص ٤٤-۵۸.

مرادی محمدرضا، یاری ژیلا و فخیره اکبر، (۱۳۸۷)، نقش بازدارندگی دریاچه هامون بر اراضی کشاورزی سیستان با استفاده از GIS ، اولین کنفرانس بین المللی بحران آب.

Alavipanah, K., Khodaei, K., 2000. Effects of causeway lake water quality parameters using satellite data and Environment Conference. 20-21 November causeway Lake Urmia.

Alizadeh, A., 2011. Principles of Applied Hydrology. published thirty-first. Imam Reza University Publications.

Alizadeh, A., Kamali, G.H. Mousavi, F., Mousavi Bayeghi, M., 2011. weather and climatology. Fourteenth Edition. published by University of Mashhad.

Ashok, K., 2006. Modelling PM10 Concentrations and Carrying Capacity Associated With Woodheater Emissions in Launceston Tasmania. Atmospheric Environment 40. 5543–5557.

Babaeian, I., Modirian, R. & Karimian, M., 2007. Sensitivity Analysis of Different Convection Schemes and Center Domains for Numerical Simulation of Winter Precipitation over Iran. Journal of Aerospace Science and Technology Vol. 4, No. 2. PP. 33-42.

Barzegar, F., and Sadighian.I., 1991. Study of highway construction effects on sedimentation process in lake urmia (N.W. Iran) on the basis of satellite data. International. A Multi-disciplinary Journal of Remote Sensing, Vol .b.

Chang, K., 2005. Global Warming-An Opportunity for Visionary Leadership. Human and Ecological Risk Assessment. 11:937–938.

Darmenova, K., Sokolik, I. N., Shao Y., Marticorena B., 2009. Development of a physically based dust emission module within the Weather Research and Forecasting (WRF) model: Assessment of dust emission parameterizations and input parameters for source regions in Central and East Asia ,Journal of Geophisical Research. vol. 114, 297-310.

Darmenova, K., Sokolik, I. N., 2006. Assessing uncertainties in dust emission in the Aral Sea region caused by meteorological fields predicted with a mesoscale model. Global and Planetary Change 56. 297-310.

Delaware, M., Morid, S., Shfyyfr, M., 1999. risk assessment and the impact of climate change on the level of Lake Urmia. Iran Agricultural Science. 39 (2), 379-388.

Ghanbarii, H. A., Azizii, G.H., 1999, Numerical simulation of air pollution in Tehran on wind patternsi, Geography Studies, No. 68i, pp. 37-55.

Hurley, P., 2000. 'Verification of TAPM meteorological predictions in the Melbourne region for a winter and summer month.' Aust. Met. Mag., 49, 97-107.

Hurley, P., 2005. 'The Air Pollution Model (TAPM) Version 3. Part 1: Technical description.' CSIRO Atmospheric Research Technical Paper No. 71. 54 pp.

Hurley, P., Physick W., Luhar A. and Edwards M., 2005. 'The Air Pollution Model (TAPM) Version 3. Part 2: Summary of some verification studies.' CSIRO Atmospheric Research Technical Paper No. 72. 36 pp.

Hurley, P., Manins P., Lee S., Boyle R., Ng Y. and Dewundege P., 2003. 'Year-long, hi-resolution, urban airshed modelling: Verification of TAPM predictions of smog and particles in Melbourne, Australia', Atmos. Environ.,37, 1899-1910.

Hurley, P., Blockley A., and Rayner K. 2001. 'Verification of a prognostic meteorological and air pollution model for year-long predictions in the Kwinana region of Western Australia.' Atmos. Environ., 35, 1871-1880.

Jafapour, E., 1989. climatology, seventh edition, published in Tehran University.

Kardan, R., Azizi, G.H., Zvarrza P. H. MohammadiH., 2010. Modeling the impact on neighboring lakes (Case Study: Climate Modeling watershed Jazmoryan creating an artificial lake). Iranian Journal of Science and Watershed Engineering., Third Year, No. 7.

Kaviani, M., Alijani., B.,2008. Foundations of Climatology., thirteenth edition., publisher Samt.

Kaviani, M., 2002. Microclimatology, publisher samt.

Khvshakhlaq, F., 2007. micro-climatology advanced graduate coursework booklet. Department of Geography. Tehran University, pp. 10-15.

Moradi M.R.., J. Yary., Fakhyreh A., 2009. inhibited Sistan lake on agricultural lands using GIS. International Conference on Water Crisis Tehran.

Modirian., R., Babaeian I. Karimiyan., M., 2010. Optimal configuration RegCM3 model to simulate the temperature and precipitation in autumn Khorasan region in the period 1991-2000. the study of Geography, No. 70., pp. 44-58

Physick, W.L., Cope, M.E. and Stuart, A., 2002. 'Evaluation of a opulation-surrogate emissions inventory for Perth using TAPM. Proceedings of the 6th International Clean Air and Environment Conference. Christchurch, New ealand, August 2002.

Rashky, A. R., Ganjali, M., 2008. Effects of wind erosion and its consequences in Sistan. Iran Congress of Soil Science.

Schepanski, K. , Tegen, I., Macke. A., 2009. Atmospheric Chemistry and Physics. 9, 1173–1189.

Shamsipour, A.A., Mahdian Mahfruzy, M., Akhavan, H., Hossein Pour, Z., 2013. Analysis of urban heat island Tehran daily behavior. Journal of Ecology. Volume 38. Number 4, Winter.

Shamsipour, A.A., 2012. pamphlet curriculum of maps and graphs of Climate. Department of Geography. Tehran University, pp. 170-180.

Shayan, S., Jannati, M., 2008. Identification of volatile suspended solids in the lake perimeter borders and distribution map using satellite imagery (Landsat sensors ETM, TM & LISSIII). Geographical Research, 62, 25-39.

Soltanzadeh, I., Irannzhad, P., Ahmadi Givi, F., 2008. investigated the effect of three months of the scale of the Zagros Mountains of East Zagros region using a regional model RegCM. Journal of Earth and Space Physics. 2008, 33 (1) :31-50.

Tofighi, M.A., Zeinaldine, M. and A., Golshanaly., 2007. two-dimensional hydrodynamic simulations of Lake Urmia to determine the flow patterns. Journal of Marine Engineering. Third Year, No. 4.

Warner, T.T., 2011. Numerical Weather and Climate Prediction. Cambridge University Press, 548 pp.

www. wikipedia.org.

www.csiro.au/en/Outcomes/Environment

Zawar-Reza, P., 2008. Numerical analysis of the '120 day wind' over the Sistan Region, South-West Asia with TAPM. Clean Air and Environmental Quality 42: 21-24.

Zhenxin, S., 2004. A numerical simulation of dust storms in China. Environmental Modelling & Software 19 ,141–151.